

PAT-NO: JP02001168386A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001168386 A

TITLE: III NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR
ELEMENT

PUBN-DATE: June 22, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

| NAME | COUNTRY |
|-------------------|---------|
| ITO, JUN | N/A |
| SHIBATA, NAOKI | N/A |
| SENDAI, TOSHIAKI | N/A |
| SENDA, MASANOBU | N/A |
| NOIRI, SHIZUYO | N/A |
| ASAMI, SHINYA | N/A |
| WATANABE, HIROSHI | N/A |

ASSIGNEE-INFORMATION:

| NAME | COUNTRY |
|---------------------|---------|
| TOYODA GOSEI CO LTD | N/A |

APPL-NO: JP2000041222

APPL-DATE: February 18, 2000

PRIORITY-DATA: 11276556 (September 29, 1999)

INT-CL (IPC): H01L033/00, H01S005/323

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the warpage of the laminate of a substrate and a III nitride compound semiconductor layer.

SOLUTION: The III nitride compound semiconductor layer having an element function is formed on the surface of a substrate layer formed in a textured

structure.

COPYRIGHT: (C) 2001, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-168386
(P2001-168386A)

(43) 公開日 平成13年6月22日 (2001.6.22)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト*(参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C 5 F 0 4 1

H 0 1 S 5/323

H 0 1 S 5/323

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-41222(P2000-41222)

(22) 出願日 平成12年2月18日 (2000.2.18)

(31) 優先権主張番号 特願平11-276556

(32) 優先日 平成11年9月29日 (1999.9.29)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地

(72) 発明者 伊藤 潤

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 柴田 直樹

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(74) 代理人 100095577

弁理士 小西 富雅 (外1名)

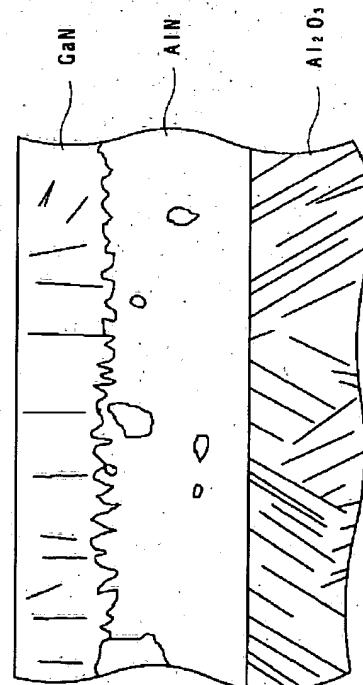
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 III族窒化物系化合物半導体素子

(57) 【要約】

【目的】 基板とIII族窒化物系化合物半導体層との積層体がそらないようにする。

【構成】 素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層をテクスチャー構造とされた該下地層の表面に形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、

素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、
前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に
下地層とを有し、該下地層の表面がテクスチャー構造で
ある、ことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素
子。

【請求項2】 基板と、

素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、
前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に
下地層とを有し、該下地層の表面が断面台形状である、
ことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項3】 基板と、

素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、
前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に
下地層とを有し、該下地層の表面がピット状である、こ
とを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項4】 基板と、

素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、
前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に
下地層とを有し、該下地層の表面には傾斜が形成されて
おり、前記下地層の表面において該傾斜面の占める面積
割合が、平面投影面上で、5～100%である、ことを
特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項5】 前記下地層の表面において該傾斜面の占
める面積割合が、平面投影面上で、30～100%であ
る、ことを特徴とする請求項4に記載のIII族窒化物系
化合物半導体素子。

【請求項6】 前記下地層の表面において該傾斜面の占
める面積割合が、平面投影面上で、70～100%であ
る、ことを特徴とする請求項4に記載のIII族窒化物系
化合物半導体素子。

【請求項7】 前記下地層は実質的な単結晶である、こ
とを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載のIII族
窒化物系化合物半導体素子。

【請求項8】 下地層はIII族窒化物系化合物半導体か
らなり、該下地層はサファイア基板の上に形成されてい
る、ことを特徴とする請求項7に記載のIII族窒化物系
化合物半導体素子。

【請求項9】 前記下地層はAlNからなる、ことを特
徴とする請求項8に記載のIII族窒化物系化合物半導体
素子。

【請求項10】 前記AlN層の膜厚は0.2～3.0
μmである、ことを特徴とする請求項9に記載のIII族
窒化物系化合物半導体素子。

【請求項11】 前記AlN層の膜厚は0.5～1.5
μmである、ことを特徴とする請求項9に記載のIII族
窒化物系化合物半導体素子。

【請求項12】 前記下地層はシリコン単結晶からな
る、ことを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の

III族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項13】 前記下地層と前記基板との間に堆積層
が介在される、ことを特徴とする請求項1～11のいづ
れかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項14】 基板と、

素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、
前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に
形成される下地層と、
前記下地層と基板との間に形成される堆積層とを有し、
前記下地層はIII族窒化物系化合物半導体で形成されて
その表面がテクスチャー構造、断面台形状、若しくはピ
ット状であり、前記堆積層はIII族窒化物系化合物半導
体若しくは金属窒化物系化合物半導体で形成されてい
る、ことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素
子。

【請求項15】 堆積層は二層以上形成され、第1の堆
積層と第2の堆積層との間に他のIII族窒化物系化合物
半導体層が介在される、ことを特徴とする請求項14に
記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項16】 前記堆積層は $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$) からなり、前記下地層よりも低いあるいは
同等の温度で形成されたものである、ことを特徴とする
請求項14又は15に記載のIII族窒化物系化合物半導
体素子。

【請求項17】 前記堆積層は金属窒化物系化合物半導
体からなり、前記下地層よりも低いあるいは同等の温
度で形成されたものである、ことを特徴とする請求項1
4又は15に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項18】 前記堆積層はAlNからなる、ことを
特徴とする請求項16に記載のIII族窒化物系化合物半
導体素子。

【請求項19】 前記基板はサファイア製である、こ
とを特徴とする請求項14～18のいずれかに記載のIII
族窒化物系化合物半導体素子。

【請求項20】 前記サファイア基板のa面に前記堆積
層が形成されている、ことを特徴とする請求項19に記
載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はIII族窒化物系化合物半
導体素子に関する。

【0002】

【従来の技術】III族窒化物系化合物半導体素子は発光
ダイオード等の発光素子に用いられる。かかる発光素子
では、例えばサファイア製の基板表面に素子機能を有す
るIII族窒化物系化合物半導体層をエピタキシャル成長
させた構成である。

【0003】しかしながら、サファイア基板とIII族窒
化物系化合物半導体層では熱膨張係数や格子定数が異な
るので、サファイア基板とIII族窒化物系化合物半導体

層との間に歪みが生じる。この歪みの為に生ずる現象として、サファイア基板とIII族窒化物系化合物半導体層の積層体にそりが発生する。このそりがあまりにも大きくなると、半導体の結晶性が損なわれたり半導体層にクラックが入るおそれのあることはもとより、素子作製時のアライメント調整にも不具合が生じる。そのため、従来ではいわゆる低温堆積層を基板とIII族窒化物系化合物半導体層との間に形成して上記の歪みを緩和していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般的な有機金属気相成長法（以下、「MOCVD」法という）を採用して素子を形成するときのIII族窒化物系化合物半導体層の成長温度は1000℃以上である。一方、低温堆積層の成長温度は400～500℃程度であるため、1000℃程度で行われる基板クリーニングからIII族窒化物系化合物半導体層までの温度履歴をみると、高温（1000℃）→低温（400～500℃）→高温（1000℃）となり、温度調整が困難なばかりでなく、熱効率も悪い。そこで、堆積層を高温で形成することが考えられるが、基板上に直接1000℃前後の高温でIII族窒化物系化合物半導体（例えば低温堆積層と同じAlN層）を成長させると、その問題が再び浮上する。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記その問題を解決すべく検討を重ねてきた結果、下記構成の本願発明に想到した。素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層をその表面上に形成可能な下地層を有し、該下地層の表面には傾斜が形成されており、前記下地層の表面において該傾斜面の占める面積割合が、平面投影面上で、5～100％である、ことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。

【0006】また、他の見方をすれば、下地層をテクスチャー構造とすることが好ましい。ここにテクスチャー構造とは、任意の断面をみたとき下地層表面がノコギリ歯状に、即ち傾斜面を介して谷と山とが繰返している構造を指す。この山部は、独立した多角錐形（円錐形も含む）の場合と山脈状に連なっている場合の両方を含む。また、この明細書において、断面台形状とは山部頂上における平坦領域が多くなったものを指し、更に平坦領域が多くなったものをピット状と呼ぶ。この明細書では斜面領域の占める割合が平面投影面上で70～100％をテクスチャー構造、30～70％を断面台形状、5～30％をピット状と呼ぶ。

【0007】このような下地層を用いることによりIII族窒化物系化合物半導体層と下地層を含めた基板との間の歪みが緩和される。これは、ヘテロ界面に傾斜面が存在することによりヘテロ界面にかかる応力が当該傾斜面と平行に加わることによって分散され、もって応力が緩和されることによると考えられる。このようにして歪み

が緩和されると、その問題が低減される。その結果、III族窒化物系化合物半導体層へクラックが入ることを未然に防止できることはもとよりその結晶性が向上し、さらには素子作製時のアライメントも取り易くなる。

【0008】

【発明の実施の態様】以下、この発明の各要素について詳細に説明する。

III族窒化物系化合物半導体層

III族窒化物系化合物半導体は、一般式として $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表され、AlN、GaN及びInNのいわゆる2元系、 $Al_x Ga_{1-x} N$ 、 $Al_x In_{1-x} N$ 及び $Ga_x In_{1-x} N$ （以上において $0 < x < 1$ ）のいわゆる3元系及び $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ ($0 < x < 1, 0 < y < 1$) の4元系を包含する。III族元素の一部をボロン（B）、タリウム（Tl）等で置換しても良く、また、窒素（N）の一部もリン（P）、ヒ素（As）、アンチモン（Sb）、ビスマス（Bi）等で置換できる。発光素子の素子機能部分は上記2元系若しくは3元系のIII族窒化物系化合物半導体より構成することが好ましい。III族窒化物系化合物半導体は任意のドーパントを含むものであっても良い。n型不純物として、Si、Ge、Se、Te、C等を用いることができる。p型不純物として、Mg、Zn、Be、Ca、Sr、Ba等を用いることができる。なお、p型不純物をドーパした後にIII族窒化物系化合物半導体をさらに低抵抗化するために電子線照射、プラズマ照射若しくは炉による加熱することも可能である。III族窒化物系化合物半導体は、有機金属気相成長法（MOCVD法）のほか、周知の分子線結晶成長法（MBE法）、ハライド系気相成長法（HVPE法）、スパッタ法、イオンプレーティング法、電子シャワー法等によっても形成することができる。

【0009】III族窒化物系化合物半導体により構成される素子には、発光ダイオード、受光ダイオード、レーザダイオード、太陽電池等の光素子の他、整流器、サイリスタ及びトランジスタ等のバイポーラ素子、FET等のユニポーラ素子並びにマイクロウェーブ素子などの電子デバイスがある。なお、発光素子の構成としては、MIS接合、PIN接合やpn接合を有したホモ構造、ヘテロ構造若しくはダブルヘテロ構造のものを用いることができる。発光層として量子井戸構造（単一量子井戸構造若しくは多重量子井戸構造）を採用することもできる。

【0010】下地層はその上に上記III族窒化物系化合物半導体を成長させられるものであれば、特に限定されない。実施例では基板の上に形成された第1のIII族窒化物系化合物半導体層がこの下地層を構成する。基板の上に形成された第1のIII族窒化物系化合物半導体には $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ ($0 < x < 1, 0 < y < 1$)

1、 $0 < X + Y < 1$) で表現される四元系の化合物半導体、 $Al_x Ga_{1-x} N$ ($0 < X < 1$) で表現される三元系の化合物半導体、並びに AlN 、 GaN 及び InN が含まれる。サファイア基板の上には特に AlN が好適に用いられる。これら第1のIII族窒化物系化合物半導体層は実質的に単結晶構造である。かかる第1のIII族窒化物系化合物半導体を省略すれば、基板の表面が下地層の表面となる。

【0011】下地層の表面には斜面が形成されている。このとき、斜面を作るもとの構造は、三角錐、四角錐などの多角錐の集合体の場合も、山脈状に山部と谷部とが帯状の傾斜面で交互につながっている場合も含む。この斜面は下地層の全面に形成されており、1つ1つの斜面は細かいものであって、その幅は平面投影面において2 μm 未満である。この斜面（見方によっては、凹部である）の占める面積割合は、平面投影面上で、5~100%とすることが好ましい。更に好ましくは30~100%であり、更に更に好ましくは70~100%である。この斜面の占める面積割合が平面投影面上で70~100%であると、図1及び2に示すように、下地層の表面はテクスチャー構造となり、その断面形状は山形となる。100%のものがノコギリ歯状に谷と山とを繰り返す構造となる。この斜面の占める面積割合が平面投影面上で30~70%であると、図3に示すように、下地層の表面は島の部分と山の部分が混在し、その断面形状は台形となる。この斜面の占める面積割合が平面投影面上で5~30%であると、図4に示すようにピット状となり、平坦な表面に孔があいた構成である。ここで、平面投影面とは、下地層の表面をこれに平行な面へ平行投影して得られる投影面である。

【0012】このように表面に凹凸を備えた第1のIII族窒化物系化合物半導体層は、後で形成される素子機能を有する第2のIII族窒化物系化合物半導体と実質的に同じ温度である高温（1150℃程度）において、通常の成長条件よりもアンモニアを多く流すことにより形成される。

【0013】次に、本発明の効果を確認するために行った試験について説明する。サファイア基板の上に実施例、比較例の AlN 層をMOCVD法で形成し、さらに AlN 層の上にMOCVD法で4 μm の GaN 層を形成してサンプルとなる積層体を得た。常温における各サンプルのそり量を図5に示す。そり量は、図6に示すように、サンプル中央の高さ H を測定した。図5において、●と黒塗り三角は比較例を示し、●は AlN 層の成長温度：400℃、膜厚：200Åとしたときの結果である。黒塗り逆三角はフラットな表面を有する AlN 層を成長温度：1130℃、膜厚：1.5 μm としたときの結果である。図から分かるように、フラットな表面を有する AlN 層では、積層体に大きなそりが生じている。

【0014】一方、○はこの発明の実施例を示し、この

場合 AlN 層は図1及び図2に示したテクスチャー構造の表面を有し、その成長温度は1130℃、膜厚は1.5 μm である。図の結果からわかるように、表面テクスチャー構造を有する AlN 層では従来の低温堆積層（●）と同じ程度のそりしか発生しない。更にはその反りのバラツキも小さくなる。また、表面テクスチャー構造を有する AlN 層の上に形成された GaN 層のロッキングカーブの半値幅は16秒であった。この値は、既存の発光素子に用いられている n 型 GaN コンタクト層のそれとほぼ同じであり、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層として十分な結晶性である。

【0015】上記において、テクスチャー構造等を持つ下地層は基板上へ、成長条件を調整することにより、アズグロウに形成するものである。平坦面の下地層を成長させておいてその平坦面をエッチングなどの方法で処理することにより、下地層の表面をテクスチャー構造、断面台形状、ピット状とすることも可能である。

【0016】基板と下地層との間に堆積層を形成することが好ましい。下地層がIII族窒化物系化合物半導体からなる場合、堆積層も同じくIII族窒化物系化合物半導体で形成するか或いは金属窒化物系化合物半導体で形成することが好ましい。堆積層はIII族窒化物系化合物半導体のなかでも $Al_x Ga_{1-x} N$ ($0 \leq x \leq 1$) からなるものとすることが好ましく、更に好ましくは AlN である。金属窒化物系化合物半導体のなかでは窒化チタン、窒化ハフニウム、窒化ジルコニウム及び窒化タンタルから選ばれる1種又は2種以上からなるものとすることが好ましい。更に好ましくは窒化チタンである。このとき基板はサファイア製とすることが好ましく、更に好ましくはサファイア基板の a 面に堆積層を形成する。かかる堆積層の形成方法として周知のIII族窒化物系化合物半導体及び金属窒化物系化合物半導体の形成方法（MOCVD法やスパッタ法等）が採用できる。堆積層の膜厚はとくに限定されるものではないが、数~数100 nm（数10~数1000Å）とする。本発明者らの検討によれば、基板と下地層（歪緩和層）との間に堆積層を介在させることにより、下地層表面の傾斜を制御し易くなる。即ち、所望の構造の（テクスチャー構造、断面台形状、ピット構造）表面を形成するための条件の幅が広くなり、当該所望の構造の表面の形成が容易になる。これにより、かかる下地層を有する素子を歩留りよく製造できる。

【0017】堆積層はこれを二層以上設けることができる。基板の上に接して形成される第1の堆積層の上にII族窒化物系化合物半導体、好ましくは AlN 又は GaN からなる中間層を形成し、この中間層の上に第2の堆積層を形成し（これを繰り返すことも可能）、この第2の堆積層の上に下地層を形成する。第1の堆積層と第2の堆積層とは同一の組成であっても、異なる組成であってもよい。中間層の厚さも特に限定されるものではない。

複数の堆積層が形成される例として、特開平7-267796号公報及び特開平9-199759号公報を参照されたい。

【0018】以上説明した例では、傾斜面をもつ下地層の上にIII族窒化物系化合物半導体層を成長させ、このIII族窒化物系化合物半導体層をそのまま素子機能層とする場合を想定して説明してきた。なお、このIII族窒化物系化合物半導体層を中間層としてさらにその表面に歪緩和のための傾斜面を有する第2の下地層を形成することも可能である（さらにこれを繰返すことも可能であ

*る）。これにより、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層の歪が更に緩和され、その結晶性が向上する。この中間層は、下地層の表面構造が反映された傾斜面（テクスチャー構造等）のある表面を有するものであっても、フラットな表面を有するものであってもよい。

【0019】

【実施例】次にこの発明の実施例について説明する。実施例は発光ダイオード10であり、その構成を図7に示す。

*10 【0020】各層のスペックは次の通りである。

| | | | |
|--------------------|---|-------|---------|
| 層 | 組成 | ドーパント | (膜厚) |
| 透光性電極19 | | | |
| p型クラッド層(兼コンタクト層)18 | p-GaN:Mg | | (0.3μm) |
| 発光層17 | | 超格子構造 | |
| 量子井戸層 | In _{0.15} Ga _{0.85} N | | (35Å) |
| バリア層 | GaN | | (35Å) |
| 量子井戸層とバリア層の繰り返し数 | 1~10 | | |
| n型クラッド層(兼コンタクト層)16 | n-GaN:Si | | (4μm) |
| 下地層15 | AlN | | (1.5μm) |
| 基板11 | サファイア(a面) | | (350μm) |

【0021】n型クラッド層16は発光層17側の低電子濃度n-層と下地層15側の高電子濃度n+層とからなる2層構造とすることができる。発光層17は超格子構造のものに限定されない。発光素子の構成としてはシングルヘテロ型、ダブルヘテロ型及びホモ接合型のものなどを用いることができる。発光層17とp型クラッド層18との間にマグネシウム等のアクセプタをドーパしたバンドギャップの広いIII族窒化物系化合物半導体層を介在させることができる。これは発光層17中に注入された電子がp型クラッド層18に拡散するのを防止するためである。p型クラッド層18を発光層17側の低ホール濃度p-層と電極側の高ホール濃度p+層とからなる2層構造とすることができる。量子井戸層はInN、GaN、InGa_{0.85}N及びInAlNを含むInGaAlNであれば良く、バリア層は量子井戸層よりエネルギーギャップが大きいGaN、InGa_{0.85}N、InAlN、AlGa_{0.85}Nを含むInGaAlNであればよい。

【0022】上記構成の発光ダイオードは次のようにして製造される。まず、MOCVD装置の反応装置内へ水素ガスを流通させながら当該サファイア基板を1130℃まで昇温して表面をクリーニングする。その後、その基板温度においてTMA及びNH₃を導入してAlN製の下地層15をMOCVD法で成長させる。このとき、TMA:3.0μmol/分、NH₃:3SLMの条件で流し、所定の膜厚を成長させることでAlN下地層15の表面は図1及び図2に示したテクスチャー構造となる。同様に、上記条件においてNH₃の流量を1/2~1/3とすることにより、下地層15の表面は図3に示した断面台形状となる。同様に、上記条件においてNH₃の流量を1/4~1/9とすることにより、下地層1

※5の表面は図4に示したビット状となる。

【0023】サファイア上に平坦なAlNを成膜する条件においては、特にAlNの成膜初期においてAlNがc軸方向（基板垂直方向）に成長する速度とc軸と垂直方向（基板平行方向）に成長する速度とを比較すると、後者の速度が十分大きい。従って、AlNは基板平行方向に二次元的に成長をした後、基板垂直方向へ三次元的に成長する。即ち、成長表面ではAl原子とN原子とがマイグレーションして均一な成長サイトを形成するのに十分な時間がある。この条件に対してN量を増加させると特にAl原子が適切なマイグレーションをする前に成長表面の原子と結合してしまい、基板垂直方向の成長速度が大きくなる。その結果、基板平行方向の成長が不均一となってテクスチャー構造を作り出すことができる。テクスチャー構造を形成する途中過程が断面台形状であり、ビット状であるといえる。なお、更にN量を増加させるとグレイン成長となり、単結晶化しない。

【0024】次に基板温度を維持した状態でn型クラッド層16を形成し、それ以降の第二のIII族窒化物系化合物半導体層17、18を常法（MOCVD法）に従い形成する。この成長法においては、アンモニアガスとII族元素のアルキル化合物ガス、例えばトリメチルガリウム（TMG）、トリメチルアルミニウム（TMA）やトリメチルインジウム（TMI）とを適当な温度に加熱された基板上に供給して熱分解反応させ、もって所望の結晶を基板の上に成長させる。

【0025】次に、Ti/Niをマスクとしてp型クラッド層18、活性層17及びn型クラッド層16の一部を反応性イオンエッチングにより除去し、n電極パッド21を形成すべきn型クラッド層16を表出させる。

【0026】半導体表面上にフォトリソグラフィにより、p型クラッド層18の上の電極形成部分のフォトリソグラフィを除去して、その部分のp型クラッド層18を露出させる。蒸着装置にて、露出させたp型クラッド層18の上に、Au-Cu透光性電極層19を形成する。次に、同様にしてp電極パッド20、n電極パッド21を蒸着する。

| 層 | 組成：ドーパント | (膜厚) |
|-----------------------|---|---------|
| 透光性電極19 | | |
| p型クラッド層(兼コンタクト層)18 | p-GaN:Mg | (0.3μm) |
| 発光層17 | 超格子構造 | |
| 量子井戸層 | In _{0.15} Ga _{0.85} N | (3.5nm) |
| バリア層 | GaN | (3.5nm) |
| 量子井戸層とバリア層の繰り返し数：1~10 | | |
| n型クラッド層(兼コンタクト層)16 | n-GaN:Si | (4μm) |
| 下地層35 | AlN | (0.2μm) |
| 堆積層31 | AlN | (15nm) |
| 基板11 | サファイア(a面) | (350μm) |

【0028】上記構成の発光ダイオード30は次のようにして製造される。まず、アルゴンガスのスパッタ装置によりサファイア基板温度300~500℃で窒素ガス導入のアルミニウムターゲットによる反応性スパッタを行う。このようにしてAlNを堆積させたサファイア基板をMOCVD装置へセットし、水素ガス、アンモニアガスを流通させながら当該基板を1130℃まで昇温する。その後、TMA:30μm/min、NH₃:3SLMの条件で流し、AlN下地層35を形成した。その表面は、顕微鏡写真図9に示されるように、テクスチャー構造となった。nクラッド層16以降の層の形成方法は図7のものと同様である。

【0029】このようにして形成された実施例の発光ダイオード30と、これから歪緩和の下地層35を省略した比較例の発光ダイオード(周知構成のもの)との発光出力フォトリソグラフィにより測定し比較をした(図10)。図10において、実施例の発光ダイオード30の光出力を○、比較例の発光ダイオードの光出力を●で示す。図10より、実施例の発光ダイオード30は比較例に比べて高い光出力を達成することがわかる。これは、下地層35の存在により素子構造を構成するnクラッド層16、発光層17及びpクラッド層18中の歪が緩和され、その結果各層の結晶性が向上したためと考えられる。

【0030】以上、明細書では発光素子を例にとり説明してきたが、この発明は各種半導体素子に適用されることはもとより、その中間体である積層体にも適用されるものである。この発明は、上記発明の実施の形態及び実施例の説明に何ら限定されるものではない。特許請求の範囲の記載を逸脱せず、当業者が容易に想到できる範囲で種々の変形態様もこの発明に含まれる。

【0031】以下、次の事項を開示する。

*【0027】図8に他の実施例の発光ダイオード30を示す。図7の例と同一の要素には同一の符号を付してその説明を省略する。この実施例の発光ダイオード30では、サファイア基板11と下地層15との間にAlN製の堆積層31が介在されている。各層のスペックは次の通りである。

| 層 | 組成：ドーパント | (膜厚) |
|-----------------------|---|---------|
| 透光性電極19 | | |
| p型クラッド層(兼コンタクト層)18 | p-GaN:Mg | (0.3μm) |
| 発光層17 | 超格子構造 | |
| 量子井戸層 | In _{0.15} Ga _{0.85} N | (3.5nm) |
| バリア層 | GaN | (3.5nm) |
| 量子井戸層とバリア層の繰り返し数：1~10 | | |
| n型クラッド層(兼コンタクト層)16 | n-GaN:Si | (4μm) |
| 下地層35 | AlN | (0.2μm) |
| 堆積層31 | AlN | (15nm) |
| 基板11 | サファイア(a面) | (350μm) |

※(21) 基板と、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に下地層とを有し、該下地層は断面山形である、ことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。

(22) 基板と、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に下地層とを有し、該下地層の表面には凹凸が形成されており、前記下地層の表面において凹部の占める面積割合が、平面投影面上で、5~100%である、ことを特徴とするIII族窒化物系化合物半導体素子。

(23) 前記下地層の表面において凹部の占める面積割合が、平面投影面上で、30~100%である、ことを特徴とする(22)に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

(24) 前記下地層の表面において該傾斜面の占める面積割合が、平面投影面上で、70~100%である、ことを特徴とする(22)に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

(25) 前記下地層は実質的な単結晶である、ことを特徴とする(21)~(24)のいずれかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

(26) 下地層はIII族窒化物系化合物半導体からなり、該下地層はサファイア基板の上に形成されている、ことを特徴とする(25)に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

(27) 前記下地層はAlNからなり、ことを特徴とする(26)に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

(28) 前記AlN層の膜厚は0.2~3.0μmである、ことを特徴とする(27)に記載のIII族窒化物

系化合物半導体素子。

(29) 前記A1N層の膜厚は0.5~1.5 μ mである、ことを特徴とする(27)に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

(29-1) 前記下地層と前記基板との間に堆積層が介在される、ことを特徴とする(20)~(29)のいずれかに記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

(30) 前記下地層はシリコン単結晶からなる、ことを特徴とする(21)~(26)のいずれかに記載のII族窒化物系化合物半導体素子。

(41) 基板と、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に下地層とを有し、該下地層の表面がテクスチャー構造である、ことを特徴とする積層体。

(42) 基板と、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に下地層とを有し、該下地層の表面が断面台形である、ことを特徴とする積層体。

(43) 基板と、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に下地層とを有し、該下地層の表面がピット状である、ことを特徴とする積層体。

(44) 基板と、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に下地層とを有し、該下地層の表面には傾斜が形成されており、前記下地層の表面において該傾斜面の占める面積割合が、平面投影面上で、5~100%である、ことを特徴とする積層体。

(45) 前記下地層の表面において該傾斜面の占める面積割合が、平面投影面上で、30~100%である、ことを特徴とする(44)に記載の積層体。

(46) 前記下地層の表面において該傾斜面の占める面積割合が、平面投影面上で、70~100%である、ことを特徴とする(44)に記載の積層体。

(47) 前記下地層は実質的な単結晶である、ことを特徴とする(41)~(46)のいずれかに記載の積層体。

(48) 下地層はIII族窒化物系化合物半導体からなり、該下地層はサファイア基板の上に形成されている、ことを特徴とする(47)に記載の積層体。

(49) 前記下地層はA1Nからなる、ことを特徴とする(48)に記載の積層体。

(50) 前記A1N層の膜厚は0.2~3.0 μ mである、ことを特徴とする(49)に記載の積層体。

(51) 前記A1N層の膜厚は0.5~1.5 μ mである、ことを特徴とする(49)に記載の積層体。

(51-1) 前記下地層と前記基板との間に堆積層が介在される、ことを特徴とする(40)~(51)のいずれかに記載の積層体

(52) 前記下地層はシリコン単結晶からなる、こと

を特徴とする請求項1~6のいずれかに記載の積層体。

(61) 基板と、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に下地層とを有し、該下地層は断面山形である、ことを特徴とする積層体。

(62) 基板と、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に下地層とを有し、該下地層の表面には凹凸が形成されており、前記下地層の表面において凹部の占める面積割合が、平面投影面上で、5~100%である、ことを特徴とする積層体。

(63) 前記下地層の表面において凹部の占める面積割合が、平面投影面上で、30~100%である、ことを特徴とする(62)に記載の積層体。

(64) 前記下地層の表面において該傾斜面の占める面積割合が、平面投影面上で、70~100%である、ことを特徴とする(62)に記載の積層体。

(65) 前記下地層は実質的な単結晶である、ことを特徴とする(61)~(64)のいずれかに記載の積層体。

(66) 下地層はIII族窒化物系化合物半導体からなり、該下地層はサファイア基板の上に形成されている、ことを特徴とする(65)に記載の積層体。

(67) 前記下地層はA1Nからなる、ことを特徴とする(66)に記載の積層体。

(68) 前記A1N層の膜厚は0.2~3.0 μ mである、ことを特徴とする(67)に記載の積層体。

(69) 前記A1N層の膜厚は0.5~1.5 μ mである、ことを特徴とする(67)に記載の積層体。

(69-1) 前記下地層と前記基板との間に堆積層が介在される、ことを特徴とする(61)~(69)のいずれかに記載の積層体。

(70) 前記下地層はシリコン単結晶からなる、ことを特徴とする(61)~(66)のいずれかに記載の積層体。

(84) 基板と、素子機能を有するIII族窒化物系化合物半導体層と、前記基板と前記III族窒化物系化合物半導体層との間に形成される下地層と、前記下地層と基板との間に形成される堆積層とを有し、前記下地層はIII族窒化物系化合物半導体若しくは金属窒化物系化合物半導体で形成されてその表面がテクスチャー構造、断面台形状、若しくはピット状であり、前記堆積層はIII族窒化物系化合物半導体で形成されている、ことを特徴とする積層体。

(85) 堆積層は二層以上形成され、第1の堆積層と第2の堆積層との間に他のIII族窒化物系化合物半導体層が介在される、ことを特徴とする(84)に記載の積層体。

(86) 前記堆積層は $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$) からなり、前記下地層よりも低いあるいは同等の

10

20

30

40

50

温度で形成されたものである、ことを特徴とする(84)又は(85)に記載の積層体。

(87) 前記堆積層は金属窒化物系化合物半導体からなり、前記下地層よりも低いあるいは同等の温度で形成されたものである、ことを特徴とする(84)又は(85)に記載の積層体。

(88) 前記堆積層はAlNからなる、ことを特徴とする(86)に記載の積層体。

(89) 前記基板はサファイア製である、ことを特徴とする(84)～(88)のいずれかに記載の積層体。 10

(90) 前記サファイア基板のa面に前記堆積層が形成されている、ことを特徴とする(89)に記載のIII族窒化物系化合物半導体素子。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1はテクスチャー構造の下地層を示す断面図である。

【図2】図2はテクスチャー構造の下地層を示す表面SEM写真である。

【図3】図3は断面台形状の下地層を示す表面SEM写

真である。

【図4】図4はビット状の下地層を示す表面SEM写真である。

【図5】図5は基板のそり量を示すグラフである。

【図6】図6は基板のそりを示す断面図である。

【図7】図7はこの発明の実施例の発光ダイオードを示す。

【図8】図8は他の実施例の発光ダイオードを示す。

【図9】図9は図8の実施例の下地層の表面顕微鏡写真である。

【図10】図10は図8の実施例発光ダイオードと比較例の発光ダイオードの光出力を比較したグラフである。

【符号の説明】

10、30 発光ダイオード

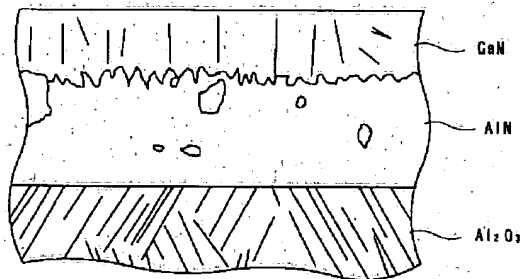
15、35 表面テクスチャー構造を有する層(下地層)

16 n型クラッド層

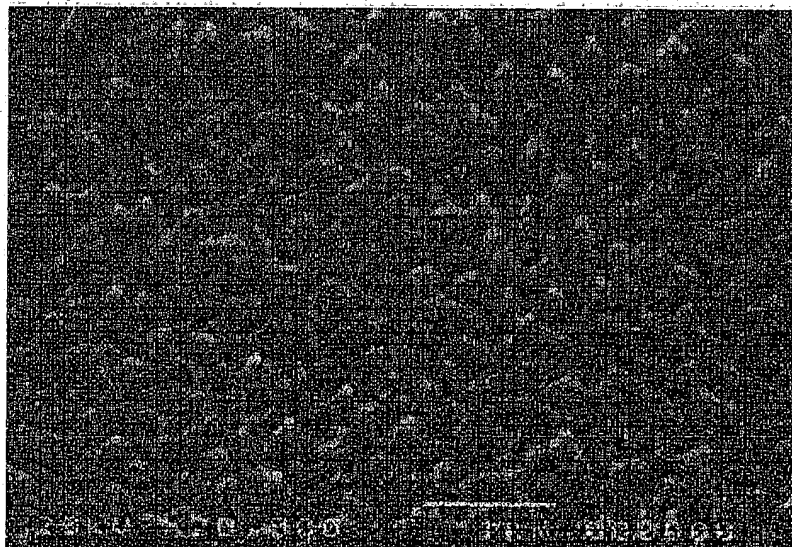
17 発光層

18 p型クラッド層

【図1】

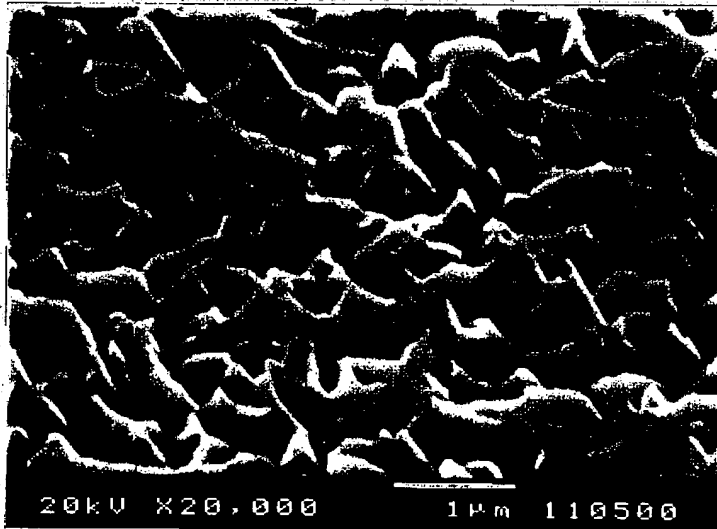


【図2】

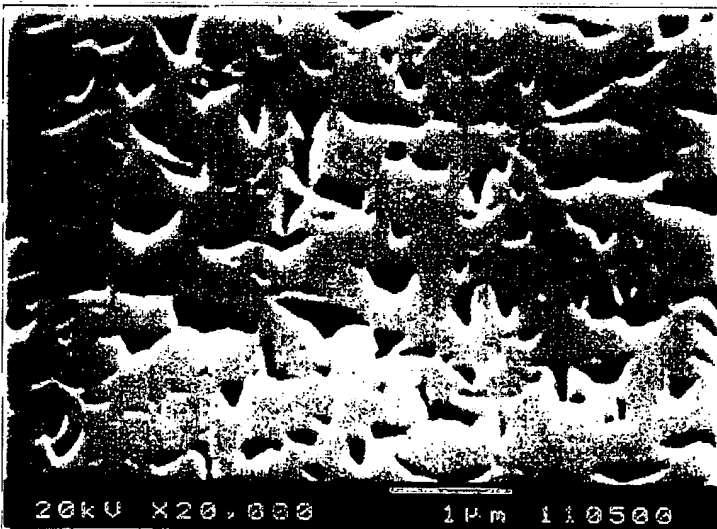


BEST AVAILABLE COPY

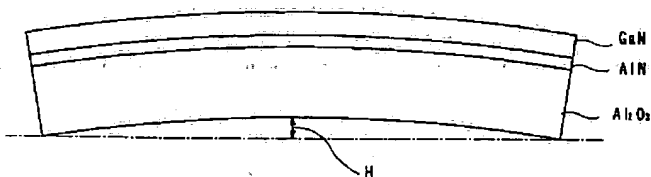
【図3】



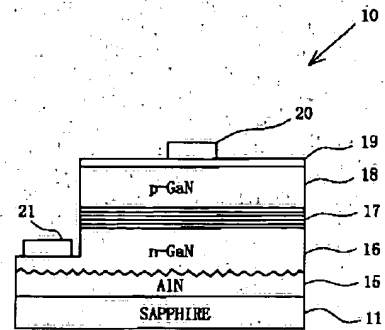
【図4】



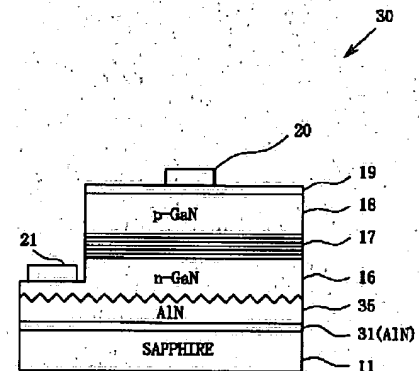
【図6】



【図7】

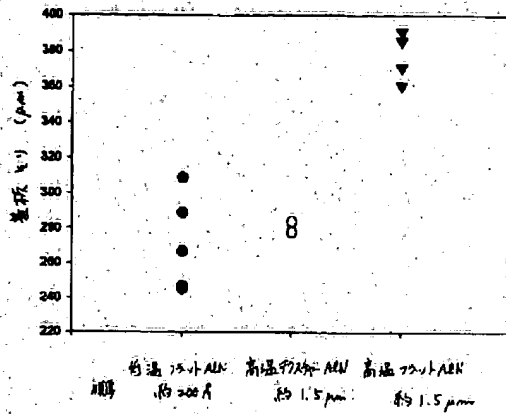


【図8】

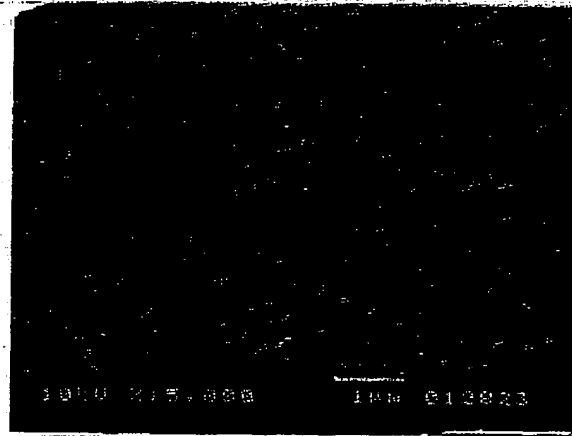


BEST AVAILABLE COPY

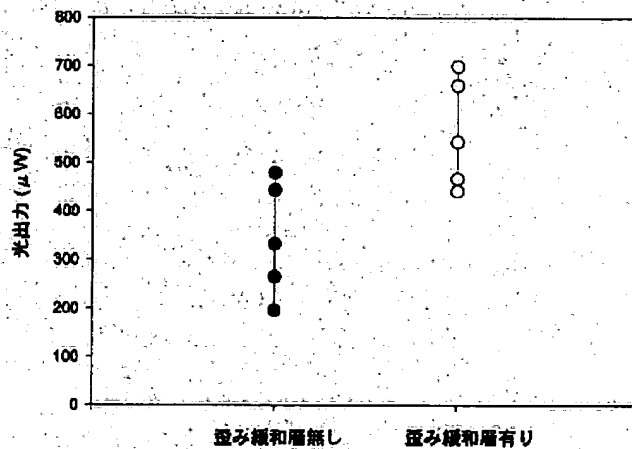
【図5】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (72)発明者 千代 敏明
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内
- (72)発明者 千田 昌伸
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内
- (72)発明者 野村 静代
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

- (72)発明者 浅見 慎也
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内
- (72)発明者 渡邊 大志
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内
- Fターム(参考) 5F041 AA11 AA40 CA34 CA40 CA46
CA64
5F073 CB05 EA07 EA29

BEST AVAILABLE COPY